

四川石棉西部碳酸盐岩中 金矿床的地质特征和控矿规律^{*}

王小春

(西南冶金矿产勘查开发院, 成都, 610051)

摘 要 四川石棉西部碳酸盐岩中的金矿床产于泥盆系中统, 受层间蚀变破碎带控制。围岩蚀变类型有硅化、碳酸盐化和绢云母化。矿石矿物组合为黄铁矿、黝铜矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿和Au-Ag系列矿物, 具Au-Cu-Ag-Pb-As-Sb-Bi的元素组合, 并显示一定的垂直分带规律。其成因类型为地下热卤水型。矿床受地层、岩性和断裂的控制明显。并阐明了金矿床的成矿过程和勘查准则。

关键词 碳酸盐岩中金矿床, 地质特征, 控矿规律, 四川

1 区域地质背景

石棉西部位于扬子构造区丹巴-泸定-盐边隆起带(即康滇地轴)北段西缘与可可西里-雅江地块的复合部位, 地跨安宁河断裂带和金河-箐河断裂带, 出露太古界—下元古界康定群深变质岩系、中泥盆统—三叠系碳酸盐岩、碎屑岩和火山岩建造, 发育海西期基性侵入岩。区域地质构造演化经历了三个阶段: 太古代—元古代早期扬子基底形成阶段, 震旦纪—三叠纪槽古分野阶段(其中发育P-T陆内裂谷和裂陷槽)和侏罗纪—第四纪陆内造山阶段(发育巨型龙门山-锦屏山推覆构造带)。

2 矿床地质地球化学特征

石棉西部已知金矿床3处(金鸡台、广金坪、黄水沟), 矿点17处, 分布较为集中(图1)。除个别矿点产于中下三叠统和康定群中外, 绝大部分矿床(点)均产于中泥盆统碳酸岩系中。现以金鸡台矿床为例, 阐明该类金矿的地质地球化学特征。

^{*} 中国科学院矿床地球化学开放研究实验室基金资助项目

收稿日期 1998-11-16

作者简介: 王小春, 男, 1965年10月生。高级工程师, 矿床地质专业。

2.1 矿体和围岩蚀变

金矿体产于中泥盆统火木山组碳酸盐岩层中,受层间构造破碎带的严格控制。已圈定矿体 3 个,其中主矿体呈似层状,长 190 m,厚 4.94 m,延深 215 m,含 $w(\text{Au}) 5.2 \times 10^{-6}$ 。

金矿的具体容矿岩石为白云岩和白云质大理岩,其蚀变发育,种类多,计有硅化、碳酸盐化、绢云母化和绿泥石化。硅化和绢云母化同时发育时,指示近矿部位,而硅化与金矿化的关系最为密切。

2.2 矿石学特征

金矿石呈网脉状、团块状、致密块状和浸染状产出,具晶粒结构和交代结构。矿石矿物主要为黄铁矿、黝铜矿和方铅矿,其次为黄铜矿、闪锌矿和斑铜矿,偶见硫锑铜矿、毒砂和自然金、铜银金矿、碲银矿、脉石矿物有石英、白云石、方解石、绢云母和绿泥石等。矿石的元素组合为 Au-Cu-Pb-As-Sb-Bi 。

热液黄铁矿平均含 $w(\text{Fe}) 6.407\%$ 、 $w(\text{S}) 52.277\%$,与理论值相比属亏硫型。其微量元素种类多,在垂向上,由上而下,出现 $\text{Au} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Sb} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{As} \rightarrow \text{Pb}$ 的分带序列。粗粒自形黄铁矿的含矿性远逊于细粒它形黄铁矿。此外,黄铁矿含 $w(\text{Co}) 31 \times 10^{-6}$ 、 $w(\text{Ni}) 46 \times 10^{-6}$ 、 $w(\text{Se}) 3 \times 10^{-6}$, S/Se 比值 1.74×10^5 。与沉积-热液改造型黄铁矿特征相似。

黝铜矿族矿物呈它形细粒状,与自然金、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿和毒砂等共生。矿石中黝铜矿族矿物含量愈大,金品位愈高。黝铜矿族矿物变种在垂向上具有一定的变化特征,自上而下依次为锑黝铜矿、锑黝铜矿→砷锑黝铜矿、砷铁黝铜矿→铁黝铜矿。

金-银系列矿物主要分布于硫化物矿物中,呈包体金、裂隙金和粒间金产出,粒径相差大,小者 $1 \sim 2 \mu\text{m}$,大者可达 $0.0175 \text{ mm} \times 0.01 \text{ mm}$,金成色为 811~997,以自然金为主,银金矿次之。矿区上部主要为银金矿,下部主要为自然金。

按照矿物组合及其相互关系,热液成矿期可划分为三个阶段:早期绢云母-石英阶段,生成绢云母、石英及少许黄铁矿;主期黄铁矿-黝铜矿-石英阶段,形成含金-银系列矿物的多金属硫化物组合;晚期方解石-石英阶段,产生方解石、白云石、石英及少量硫化物。而表生期则以褐铁

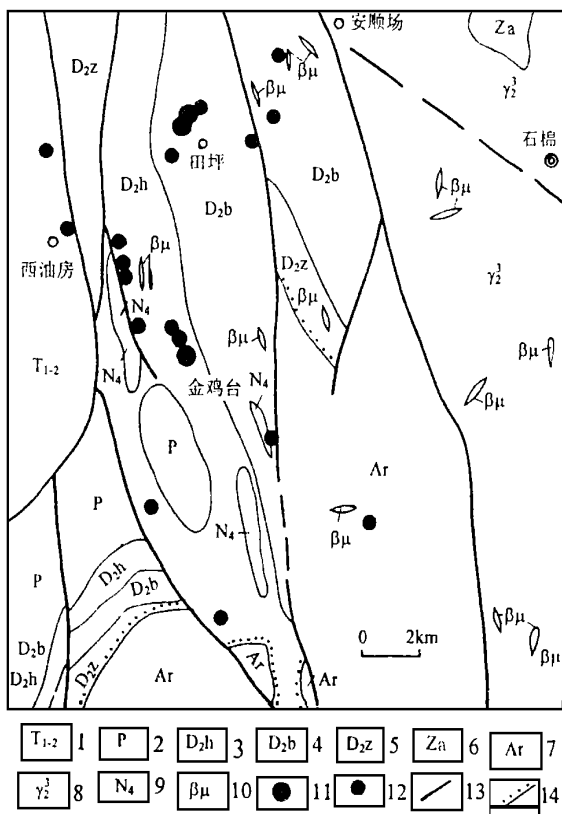


图 1 石棉西部金矿地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of western Shimian, showing distribution of gold deposits and spots

1. 中下三叠统 2. 二叠系 3~5. 中泥盆统 3. 火木山组 4. 标水岩组 5. 纸厂组 6. 下震旦统 7. 太古界 8. 晋宁期花岗岩 9. 海西期基性-超基性岩 10. 辉绿岩 11. 金矿床 12. 金矿点 13. 断裂 14. 不整合面

矿和孔雀石等矿物的形成为特征。

2.3 同位素地球化学特征

由石英及其中包体的测试和换算,成矿流体 $\delta D\text{‰}$ 值为 $-90 \sim -80$, $\delta^{18}O\text{‰}$ 值为 $0.75 \sim$

4.82^[1],显示矿液介质属深层地下(卤)水和大气降水的混合流体。

区域中泥盆统白云岩的 $\delta^{13}C\text{‰}$ 值为 $-2.37 \sim -0.09$ (平均 -1.23‰), $\delta^{18}O_{PDB}\text{‰}$ 值为 $-9.34 \sim 8.52$ (平均 -8.93‰);中、下三叠统灰岩 $\delta^{13}C\text{‰}$ 为 -1.12‰ , $\delta^{18}O_{PDB}\text{‰}$ 为 -8.23‰ ;矿石中热液方解石 $\delta^{13}C\text{‰}$ 为 $-2.70 \sim 0.66$ (平均 -1.55‰)、 $\delta^{18}O_{PDB}\text{‰}$ 为 $-13.57 \sim -0.07$, 平均 -12.05‰ ^[1]。这些说明矿石中的碳来自地层碳酸盐岩。

矿区44件硫化物矿物的 $\delta^{34}S\text{‰}$ 值介于 $-2.44 \sim 21.98$, 平均 11.49‰ , 偏差 4.11‰ 。其中黄铁矿(39件) $\delta^{34}S\text{‰}$ 值为 $2.44 \sim 21.98$, 平均 1.49‰ , 偏差 44.11‰ ;黝铜矿(4件) $\delta^{34}S\text{‰}$ 值为 $6.50 \sim 9.08\text{‰}$, 平均 7.53‰ , 偏差 0.96‰ ;方铅矿(1件) $\delta^{34}S\text{‰}$ 为 -1.59‰ 。据 Sangster, D. F. (1968)^[2],与同期海水硫酸盐相比,层控硫化物矿床富集³⁴S,平均 11.7‰ 。由泥盆纪海水硫酸盐($\delta^{34}S$ 18‰~24‰)演化而来的层控硫化物矿床的 $\delta^{34}S$ 应为 $6.3\text{‰} \sim 12.3\text{‰}$,这与本矿床相近,说明矿床的硫质主源于地层硫酸盐。而硫同位素组成的极大范围显示有机硫也提供了部分硫质。

矿区4件矿石铅的同位素组成为: $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 18.501~24.527, $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 15.522~15.870, $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 38.292~38.282,变化范围大,Doe单阶段年龄多为负值。地层白云岩、板岩的铅同位素组成变化也较大,显然系其中富集放射成因铅所致。金矿区及其附近的基性脉岩不同程度地受到了(矿化)热液的影响,其定位应早于热液活动。由弱蚀变辉绿岩的模式年龄 127 Ma 可知,金矿的生成时代小于 127 Ma,属燕山期的产物。

在不同构造环境的 $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) \sim w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 图上,矿石铅的投点除1点位于上地壳铅演化线上外,其余3点均位于造山带铅与地幔铅演化线之间;地层铅投点均位于造山带铅演化线及其以上范围;弱蚀变辉绿岩投点位于造山带铅演化线上;强蚀变辉绿岩投点位于地幔铅演化线以下。这些说明矿石中铅及其它成矿物质是多源的,除来自地层外,尚有深源物质(如康定群)的加入。

2.4 成矿物理化学条件

经流体包裹体测试和热力学计算显示,矿石生成温度范围较宽,为 $85 \sim 320$,集中区间 $200 \sim 280$,平均 240 。由温度概率累积曲线分解得知,主阶段和晚阶段的成矿温度分别为 $220 \sim 300$ (平均 250)和 $80 \sim 210$ (平均 150)。

成矿流体的盐度为 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 5.6%~20.0%,平均 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 12.32%。成矿主阶段为 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 12%~19%,平均 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 15.1%;晚阶段为 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 6%~11%,平均 $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ 8.57%。密度为 $0.862 \sim 0.965 \text{ g/cm}^3$,成矿压力为 $(100 \sim 275) \times 10^5 \text{ Pa}$, pH 7.63~8.04, $Eh = -1.10 \sim -0.61 \text{ V}$ 。流体介质主阶段属 $\text{SO}_4^{2-}-\text{HCO}_3-\text{Ca}^{2+}-\text{Mg}^{2+}$ 型,晚阶段为 $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}-\text{Ca}^{2+}-\text{Na}^+$ 型。

这些说明,矿床是在浅成中低温条件下,由高盐度低密度地下热卤水流体在碱性还原环境中生成的。

3 控矿规律

3.1 地层层位控矿规律

该区绝大部金矿床(点)产于中泥盆统中,显示明显的层位控制性质。由区域地球化学研究显示^①,石棉西部中泥盆统含 $w(\text{Au}) (1.3 \sim 2.5) \times 10^{-9}$, 平均 $w(\text{Au}) 1.8 \times 10^{-9}$, 且具有 $\text{Au}-\text{As}-\text{Sb}-\text{Ag}-\text{Pb}-\text{Bi}$ 的元素组合,这与碳酸盐岩中金矿的元素组合相似。由金矿及其附近围岩中金含量的变化趋势可知,矿区近矿围岩存在低含量区段,说明矿质确实主要来自含矿围岩。此外,作为本区最古老的、具有 $\text{Fe}-\text{Ti}-\text{Cr}-\text{Cu}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{Pt}-\text{Au}$ 元素组合的康定群,是本区金矿的初始矿源层,也为金矿的形成贡献了部分矿质。

3.2 岩性控矿规律

薄层、粒细、性脆、矿物组成复杂的岩石及不同岩性交替频繁的岩石组合,在构造作用下会产生层间滑脱、揉皱、劈理和碎裂,使岩石的孔隙度和渗透性增加,而利于矿液的活动。如金鸡台矿区的矿脉产于层间断裂下盘的白云岩、白云质大理岩中,而上盘厚层块状大理岩中无矿化。其原因在于下盘岩石性脆,易于碎裂,化学性质活泼,而上盘完整的大理岩则充当相对隔挡层的作用。(图2)

3.3 断裂构造控矿规律

断裂构造对金矿的控制十分明显。区域性深大断裂控制该区金矿集中区的展布。深大断裂的长期演化既制约着金源层的形成和分布(同生断裂),也制约着金矿的生成和就位(造山阶段的逆冲推覆断裂)。区域性深大断裂(金河-箐河断裂带)两侧的次级断裂和层间破碎蚀变带控制着金矿区的展布。规模更小的节理、裂隙、小断层以及断裂在倾向上转折,在平面上变宽的低压膨胀扩容部位,则是金矿体产出的适宜场所。而金矿化的强弱则与岩石的构造碎裂程度密切相关。

4 成矿过程

由上可知,石棉西部产于碳酸盐岩中的金矿属燕山(—喜马拉雅)期混合热卤水形成的蚀变破碎带型金矿。

燕山(—喜马拉雅)期时,受中国古大陆构造背景的影响,本区处于强烈的挤压造山构造环境^②。构造-岩浆活动的广泛发育,使本区成为明显的地热异常区。在构造-岩浆活动所产生的热源驱动下,地壳深部的地层建造水与浅部的大气降水相互沟通,构成热液流体的环流体系,并从矿源层(中泥盆统及康定群)中浸滤出矿质,形成盐度高、密度低的混合热卤水。含矿流体沿密度和压力梯度降低的方向迁移,在地壳浅部深大断裂的次级断裂及层间断裂破碎带中,因温度、压力等物化条件的骤变,含金络合物解体,矿质沉淀,形成工业金矿床。

① 卢盛明,王小春,等.康滇地轴石棉-会理段金矿成矿规律及靶区预测(科研报告).1993

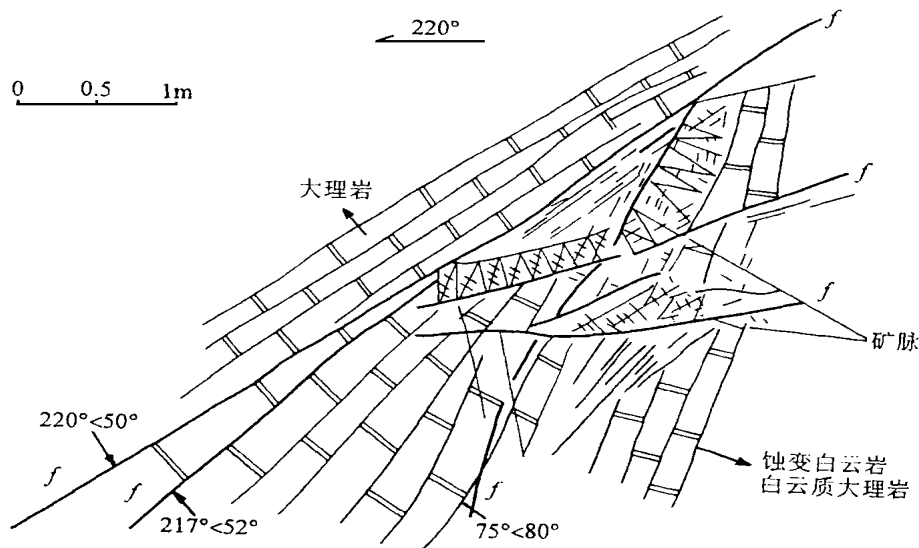


图2 金鸡台金矿层间破碎带与金矿化的关系

Fig.2 Relationship between interlayer fractured zone and gold mineralization in the Jinjitai gold deposit

5 勘查准则

石棉西部的优势金矿类型为产于碳酸盐岩中的地下热卤水型金矿,属易采易选型,其开发利用价值较高。对于这类金矿的勘查,我们认为应遵循以下准则:

5.1 勘查条件

- (1) 扬子地块西缘及其邻区的泥盆系碳酸盐岩建造。
- (2) 区域性深大断裂及其旁侧的次级断裂构成的断裂体系。
- (3) 燕山(—喜马拉雅)期的混合地下热卤水循环成矿体系。
- (4) 基性脉岩(辉绿岩)发育区。

5.2 勘查标志

- (1) 区域性深大断裂旁侧的层间断裂破碎带。
- (2) 硅化、绢云母化、碳酸盐化和绿泥石化发育的白云岩。
- (3) 矿物组合以黄铁矿(褐铁矿)、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿和金矿物为主。当出现铜银金矿、碲银矿或硫铜锑矿时,往往指示富金矿体的存在。矿物组合和部分矿物特征的垂向变化往往可以判断矿体的剥蚀深度(表1)^[3]。

(4) 元素组合以 Au-Cu-Ag-Pb-As-Sb-Bi 为主。同样地,其垂向变化特征也可以指示矿体的产出部位(表1)。

表 1 金鸡台矿区金矿化的垂向分布特征

Table 1 Vertical zoning characters of gold mineralization in the Jinjitai mine

矿体部位		上部	中上部	中部	下部
海拔/ m		2252	2210	2170	2090
矿化强度		强	较强	强	弱
矿物组合		黄铁矿-黝铜矿-黄铜矿-铜银金矿-石英-绢云母	黄铁矿-黝铜矿-硫铜矿-自然金-石英	黄铁矿-黝铜矿-自然金-石英-绢云母	黄铁矿-黝铜矿-自然金-石英-绢云母
元素组合		Au-As-Bi-Cu-Zn-Hg-Ag-Ba-Sb	Au-Sb-As-Cr-Ba-Hg-Cu	Au-Sb-Bi-As-Cu-Hg	Au-As-Co-Ni-Bi-Hg-Sb-Mo
黄铁矿	微量元素	Au→Cu→Sb→Zn→Ag→As→Pb			
	热导电型	N 型为主、夹 P 型	N、P、NP 型	N 型为主、夹 P 型	N 型
黝铜矿	变 种	锑锗黝铜矿、锑黝铜矿		砷锑黝铜矿、砷铁黝铜矿	锑铁黝铜矿
	含金性	不含金		含金	不含金

参考文献

1. 王小春. 康滇地轴石棉-会理段金矿化同位素地质学研究. 矿物岩石, 1994, 14(1): 74 ~ 82

2. 高质彬, 王小春. 燕山-喜马拉雅旋回在中国内生金矿成矿中的重要意义及其成因探讨. 矿床地质, 1992, 11(2): 97 ~ 105

3. 王小春. 论石棉金鸡台金矿的垂直分带规律. 四川地质学报, 1993, 13(4): 296 ~ 303

4. Sangster D F. Relative sulfur isotope abundances of ancient seas and stratabound sulphide deposits . Geol. Assoc. Canada Proc. , 1968, 19: 79 ~ 91

GEOLOGICAL FEATURES AND ORE-CONTROLLING
REGULARITY OF CARBONATE ROCKS-HOSTED GOLD
DEPOSITS IN WESTERN SHIMIAN, SICHUAN

Wang Xiaochun

(Southwest Institute of Metallurgical Mineral Resources Exploration and Development, Chengdu, 610051)

Abstract

The carbonate rock-hosted gold deposits in western Shimian, occur in the middle Devonian system, and are controlled by the interlayer fratured zone. There are silicification, carbonatization and sericitization in ore-hosted rocks. The gold ores have mineral association of pyrite, tetrahedrite, chalcopyrite, galena, sphalerite and Au-Ag mineral series, and element association of Au-Cu-Ag-Pb-As-Sb-Bi, which show certain vertical zonal regularity. The deposits were controlled obviously by strata, lithology and fracture. Finally, the ore-forming process and exploration criteria are discussed.

Key words Carbonate rocks-hosted gold deposit, Geological features, Ore-controlling regularity, Sichuan